

PENGARUH TEKANAN GESEK TERHADAP KEKUATAN TARIK STRUKTUR MIKRO DAN KEKERASAN SAMBUNGAN LOGAM SILINDER PEJAL ALUMINIUM 6061 T6 DAN *STAINLES STEEL* 304 MENGGUNAKAN METODE *CONTINUOUS DRIVE FRICTION WELDING*

Uman Setiadi^{1,a}, Totok Suwanda^{1,b}, Aris Widyo Nugroho^{1,c}

¹Program Studi Teknik mesin, Fakultas teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta
Jalan Lingkar Selatan Tamantirto, Kasihan, Bantul, DI Yogyakarta, Indonesia, 55183

^aumansetiadi23@gmail.com, ^bsuwanda@umy.ac.id, ^cnugrohoaris@gmail.com

INTISARI

Continuous drive friction welding (CDFW) merupakan suatu metode pengelasan *solid state* yang memanfaatkan panas yang ditimbulkan dari gesekan akibat gaya yang diberikan. Parameter penting yang digunakan pada metode CDFW adalah tekanan gesek, waktu gesek, tekanan *upset*, waktu *upset*, dan putaran mesin. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh besarnya tekanan gesek terhadap kekuatan tarik, struktur mikro dan kekerasan dari hasil sambungan AA 6061 T6 dan SS 304. Parameter tekanan gesek yang digunakan yaitu 20 MPa, 25 MPa, 30 MPa, 35 MPa, 40 MPa, 45 MPa, 50 MPa, 55 MPa, 60 MPa, dan 65 MPa. Sedangkan parameter yang lain dibuat konstan, yaitu waktu gesek 4 detik, tekanan *upset* 140 MPa, waktu *upset* 5 detik, dan putaran mesin 1000 rpm. Setelah dilakukan proses penyambungan dilakukan proses pengujian terhadap hasil sambungan. Pada pengujian struktur mikro hasil sambungan mengalami perubahan struktur mikro pada daerah AA 6061 T6, sedangkan daerah SS 304 struktur mikro sama dengan logam induknya. Pada pengujian kekerasan spesimen mengalami penurunan kekerasan seiring semakin dekatnya jarak dari sambungan dan besarnya tekanan gesek yang digunakan. Untuk pengujian tarik dari masing-masing sambungan menjelaskan bahwa kekekuatan tarik bergerak naik seiring bertambahnya tekanan gesek yang digunakan, namun setelah mencapai kekuatan tarik maksimumnya, kekuatan tarik terus mengalami penurunan seiring bertambahnya tekanan gesek yang digunakan. Kekuatan tarik maksimum yang didapatkan pada pengujian ini adalah 244 MPa dengan menggunakan tekanan gesek 35 MPa

Kata kunci : CDFW, AA 6061 T6, SS 304, Tekanan gesek, Struktur mikro, Kekerasan, Kekuatan tarik

1. PENDAHULUAN

Penyambungan dua jenis material yang berbeda menjadi isu penting pada bidang pengelasan. Pada penyambungannya, dua jenis material yang berbeda sulit dilakukan menggunakan metode las fusi (*fusion welding*). Kesulitan yang terjadi dikarenakan adanya perbedaan titik cair antar material. Perbedaan titik cair ini menyebabkan sulitnya menentukan temperatur yang digunakan. Selain adanya beda titik cair, perbedaan *konduktivitas thermal*, dan koefisien muai juga menjadi faktor sulitnya penggunaan las fusi untuk menyambungkan 2 jenis material yang berbeda. Dengan adanya permasalahan inilah, mendorong ditemukannya metode-metode baru untuk mengatasi kesulitan yang dialami metode las fusi.

Beberapa keunggulan metode *friction welding* dibanding metode *fusion welding* adalah hemat biaya, ramah lingkungan, dan mampu menyambungkan material beda jenis (Tiwan, 2005). *Friction welding* dapat dikatakan hemat biaya karena *friction welding* hanya membutuhkan *input energy* yang rendah dan tidak menggunakan *filler metal*. Proses *friction welding* ramah lingkungan, sebab tidak ada uap atau percikan dan tidak ada nyala api yang dapat mengganggu penglihatan mata. Tetapi, adapun keterbatasan dari metode *friction welding* yaitu, mesin *friction welding* masih jarang ditemukan, dan tidak fleksibel, karena mesin dipasang dalam kondisi tetap.

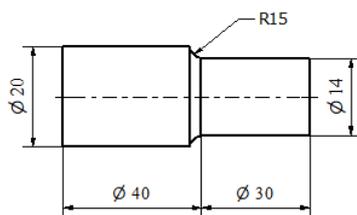
Dalam proses pengelasan *friction welding*, ada beberapa parameter penting yang mempengaruhi

hasil pengelasan yaitu : tekanan gesek, waktu gesek, tekanan upset, dan waktu upset. Sebuah penelitian dari Sahin dan Misirli (2012), tentang penyambungan logam tak sejenis Aluminium dan *stainless steel* menggunakan metode *friction welding*, menjelaskan bahwa hubungan antara kekuatan tarik terhadap waktu gesek dan tekanan gesek memiliki keterkaitan yang signifikan. Ketika waktu gesek dan tekanan gesek diperbesar kekuatan tarik dari sambungan meningkat, tetapi ketika sudah mencapai kekuatan maksimal, semakin besar tekanan gesek dan waktu gesek, kekuatan tarik sambungan menurun. Dengan kata lain, hasil pengelasan yang didapatkan bergantung pada parameter yang digunakan.

Penelitian serupa juga telah dilakukan oleh Sahin (2009) tentang penyambungan material *stainless steel* dan aluminium dengan menggunakan *friction welding*. Eder *et al* (2010) tentang penyambungan aluminium 1050 dan *stainless steel* 304 menggunakan *rotary friction welding*. Subhavaradhan dan Surendran (2012) tentang pengaruh parameter tekanan gesek dan waktu gesek terhadap kekuatan sambungan dari material silinder pejal beda jenis *stainless steel* 304 dan aluminium 6082 menggunakan metode *continuous drive friction welding*.

2. METODE PENELITIAN

Logam silinder pejal Al 6061 T6 dan SS 304 dipotong dengan panjang 75 mm. kemudian dibubut dan dibuat dimensi seperti pada Gambar 1.



Gambar 1. Dimensi spesimen pengelasan

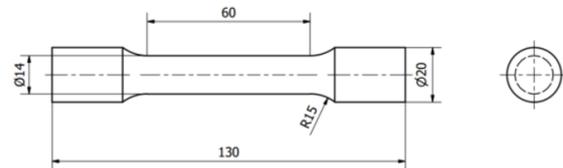
Setelah itu spesimen disiapkan untuk dilakukan penyambungan. Dan tabel rencana parameter penelitian juga disiapkan untuk memudahkan jalannya penelitian (Tabel 1)

Tabel 1. Rencana parameter penelitian

No.	Tekanan gesek (MPa)	Waktu gesek (s)	Tekanan upset (MPa)	Waktu upset (s)
1	20	4	140	5
2	25	4	140	5
3	30	4	140	5
4	35	4	140	5
5	40	4	140	5
6	45	4	140	5
7	50	4	140	5
8	55	4	140	5
9	60	4	140	5
10	65	4	140	5

Al 6061 T6 dipasang pada spindle berputar, dan SS 304 dipasang pada spindle yang diam. Motor dinyalakan dengan kecepatan putar 1000 rpm. Spindle diam diberikan tekanan sebesar 20 MPa, setelah bergesekan selama 4 detik, motor dihentikan, lakukan penekanan *upset* sebesar 140 MPa selama 5 detik. Setelah itu material yang sudah tersambung dilepas, dan diganti dengan penyambungan selanjutnya yaitu 25 MPa, 30 MPa, 35 MPa, 40 MPa, 45 MPa, 50 MPa, 55 MPa, 60 MPa, dan 65 MPa.

Setelah dilakukan penyambungan, spesimen dibubut dan dibentuk sesuai standar JIS Z 2201 (Gambar 3). Spesimen ini disiapkan untuk pengujian tarik yang dilakukan di Laboratorium UMY.

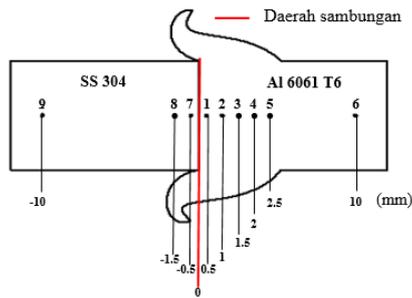


Gambar 3. Dimensi standar JIS Z 2201

Pengujian tarik dilakukan pada semua spesimen. Setelah dilakukan pengujian tarik dilanjutkan pengamatan struktur mikro pada spesimen tekanan gesek 35 MPa, dan 65 MPa. Sebelum itu lakukan penyambungan ulang pada parameter tekanan gesek 35 MPa dan 65 MPa. Setelah tersambung, spesimen dibelah membujur menggunakan mesin *metacut* dan dipotong menggunakan gergaji. Potongan spesimen diresin dan diampelas dengan mesin perata berturut-turut 120, 320, 1000, dan 2000. Pemolesan dilakukan dengan autosol secukupnya. Pengetsaan dilakukan pada masing-masing material sesuai standar ASTM E407-07. Spesimen dicuci dengan aquades lalu dibersihkan menggunakan kapas atau kain bersih. Pengamatan struktur mikro dilakukan dengan menggunakan mikroskop optik Olympus tipe BX53MRF-S dengan

pembesaran 100x di Laoratorium UMY.

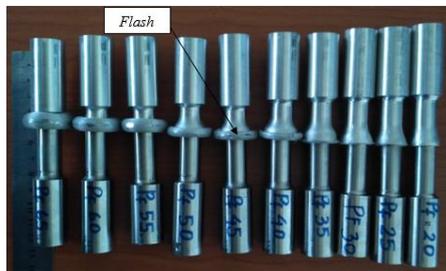
Pengujian kekerasan dilakukan pada spesimen tekanan gesek 35 MPa dan 65 MPa menggunakan alat uji kekerasan Mikro Vickers merek Shimadzu dengan tipe HMV-M3. Posisi titik pengambilan data dapat dilihat pada Gambar 4. Pada pengujian 35 MPa dilakukan pada titik 1, 3, 6, 7, 8, 9. Sedangkan pada spesimen tekanan gesek 65 MPa hanya difokuskan pada daerah aluminum, yaitu titik 1,2,3,4,5.



Gambar 4. Posisi pengambilan nilai kekerasan

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil dari penyambungan menggunakan metode CDFW pada Al 6061 T6 dan SS 304 dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Hasil sambungan

Pemendekan dan *flash* yang terjadi terlihat berbeda pada masing-masing parameter tekanan gesek. Hasil pemendekan dapat dilihat pada data pengukuran yang telah dilakukan (Tabel 2).

Tabel 2. Pemendekan hasil sambungan

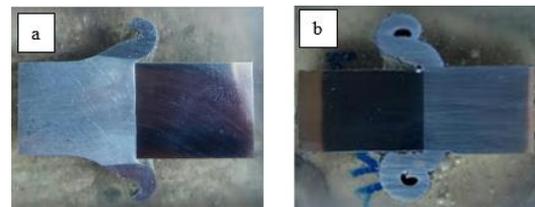
No.	Tekanan gesek (Mpa)	Panjang awal (mm)	Panjang akhir (mm)	Pemendekan (mm)
1	20	60	56	4
2	25	60	54	6
3	30	60	52	8
4	35	60	50	10
5	40	60	47	13
6	45	60	45	15
7	50	60	42	18
8	55	60	41.5	18.5
9	60	60	38	22
10	65	60	34	24

Dari data Tabel 2 menunjukkan bahwa besarnya

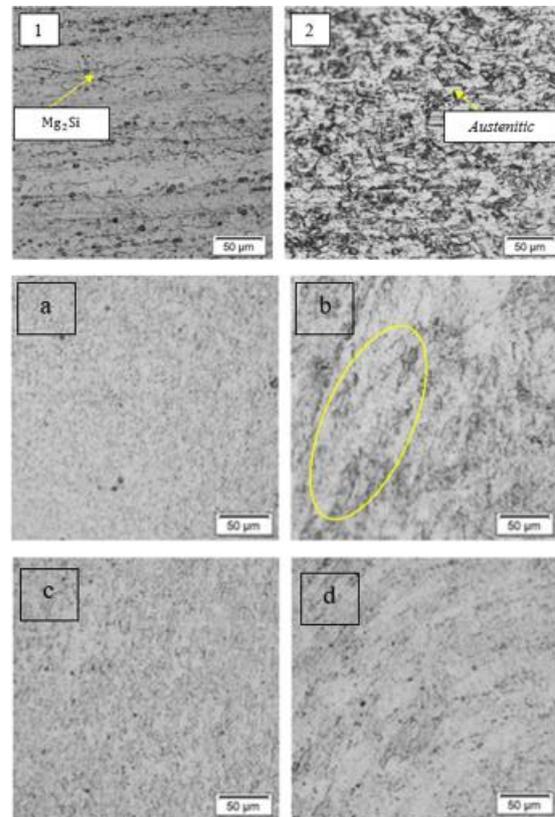
pemendekan yang terjadi disebabkan oleh tekanan gesek yang digunakan. Semakin besar tekanan gesek yang digunakan, semakin besar pula pemendekan yang terjadi.

Struktur Mikro

Pengamatan struktur mikro dilakukan pada spesimen sambungan tekanan gesek (Pf) 35 MPa, dan 65 MPa (Gambar 6).



Gambar 6. Spesimen pengujian struktur mikro a) Pf 35, b) Pf 65 MPa



Gambar 7. Struktur mikro (Pembesaran 100x)
1) Logam induk Al 6061 T6, 2) Logam induk SS 304, a) Daerah dekat sambungan Al 6061 T6 spesimen PF 65 MPa, b) Daerah HAZ spesimen 65 MPa, c) Daerah dekat sambungan Al 6061 T6 spesimen 35 MPa, d) Daerah HAZ spesimen Pf 35 MPa

Setelah dilakukan pengamatan pada masing-masing specimen, daerah yang mengalami perubahan struktur mikro adalah daerah material aluminium 6061 T6, oleh sebab itu pada penelitian ini pengamatan difokuskan pada daerah aluminium 6061 T6. Sedangkan untuk *stainless steel* 304 seperti tidak ada perubahan disetiap daerahnya, struktur mikro dari material ini terlihat seperti logam induknya, yaitu *austenitic* (Gambar 7.2). Untuk struktur mikro logam induk material aluminium 6061 T6 dapat dilihat pada Gambar 7.1, terdapat paduan Mg_2Si yang terlihat berwarna hitam (tanda panah).

Dari gambar 7 dapat diketahui bahwa terlihat begitu jelas perbedaan struktur mikro dari daerah pengelasan masing-masing specimen. Daerah dekat sambungan pada specimen tekanan gesek 65 MPa (Gambar 7a) memiliki struktur mikro yang lebih halus dibandingkan daerah dekat sambungan pada specimen tekanan gesek 35 MPa (Gambar 7c). Pada daerah HAZ specimen tekanan gesek 65 MPa (Gambar 7b) terlihat begitu banyak butiran-butiran hitam dan alur struktur yang menurun (tanda kuning), berbeda dengan daerah HAZ pada specimen tekanan gesek 35 MPa (Gambar 7d) butiran berwarna hitam tampak terlihat menyebar, dan alur struktur yang terbentuk terlihat melengkung.

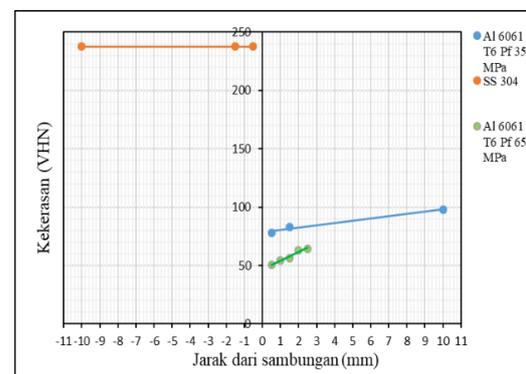
Perbedaan struktur mikro ini dapat dikatakan pengaruh dari tekanan gesek yang digunakan. Besarnya tekanan gesek sebanding dengan besarnya panas yang dihasilkan pada saat pengelasan. Besarnya panas yang ada akan mempengaruhi proses terbentuknya struktur mikro yang terjadi.

Kekerasan

Dari pengujian struktur mikro yang telah dilakukan dapat diketahui posisi yang untuk pengujian kekerasan. Posisi pengujian kekerasan dapat dilihat seperti pada Gambar 4. Hasil pengujian kekerasan dari masing-masing specimen pada tiap titiknya dapat dilihat pada Tabel 3 dan Gambar 8.

Tabel 3. Hasil pengujian kekerasan

Tekanan gesek (MPa)	Jarak dari sambungan (mm)	d_1 (μm)	d_2 (μm)	d_3 (μm)	Kekerasan (VHN)	
35	Al 6061 T6	10	63	60	61.5	98.1
		1.5	66	67.5	66.7	83.2
	SS 304	0.5	69	69	69	77.9
		-0.5	40	39	39.5	237.7
		-1.5	39	40	39.5	237.7
		-10	39	40	39.5	237.7
65	Al 6061 T6	0.5	87.5	84	85.75	50.4
		1	82	83	82.5	54.5
		1.5	76	77	76.5	56.5
		2	82	80	81	63.4
		2.5	75	77	76	64.2
	SS 304	Tiak diujikan				



Gambar 8. Hasil pengujian kekerasan

Dari gambar 4.6 dapat diketahui bahwa terjadi perubahan nilai kekerasan pada material aluminium, sedangkan pada material *stainless steel* 304 tidak terjadi perubahan pada setiap titiknya, nilai kekerasan sama dengan logam induknya yaitu 237.7 VHN.

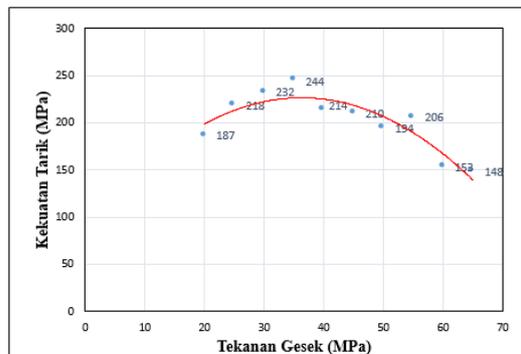
Pada daerah aluminium masing-masing specimen uji nilai kekerasannya bergerak turun seiring dengan semakin dekatnya dengan sambungan. Pada daerah aluminium dengan tekanan gesek 65 MPa lebih terlihat mengalami penurunan nilai kekerasan yang besar, bila dibandingkan dengan daerah aluminium parameter tekanan gesek 35 MPa. Perbedaan tersebut khususnya dapat dilihat pada titik pengujian yang sama yaitu titik 1 dan 3. Nilai kekerasan specimen tekanan gesek 65 MPa memiliki nilai kekerasan lebih kecil dibanding nilai kekerasan specimen tekanan 35 MPa pada masing-masing titiknya. Hal ini menandakan bahwa penggunaan tekanan gesek yang besar semakin menurunkan nilai kekerasan yang didapatkan.

Kekuatan tarik

Tabel 4. Hasil pengujian kekuatan tarik

No.	Parameter				Kekuatan tarik (MPa)	Regangan
	Tekanan gesek (MPa)	Waktu gesek (s)	Tekanan upset (MPa)	Waktu upset (s)		
1	20	4	140	5	188	0.112
2	25	4	140	5	218	0.125
3	30	4	140	5	232	0.139
4	35	4	140	5	244	0.147
5	40	4	140	5	214	0.138
6	45	4	140	5	210	0.134
7	50	4	140	5	194	0.133
8	55	4	140	5	206	0.124
9	60	4	140	5	153	0.113
10	65	4	140	5	148	0.084

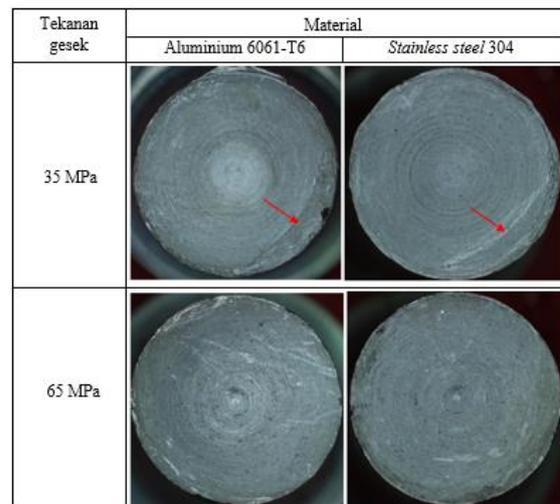
Hasil pengujian kekuatan tarik dari masing-masing specimen dapat dilihat pada Tabel 4.



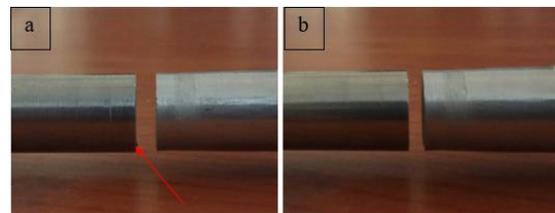
Gambar 9. Grafik hubungan tekanan gesek dan kekuatan tarik

Pada Gambar 9 dapat diketahui bahwa besarnya tekanan gesek yang digunakan memiliki pengaruh yang signifikan pada hasil kekuatan tarik yang diperoleh. Pengaruh tersebut dapat dilihat dari *trendline* (garis merah) yang ada. Dari *trendline* Gambar 9 dapat diketahui bahwa mula-mula kekuatan tarik bergerak naik seiring bertambahnya tekanan gesek yang digunakan, namun ketika kekuatan tarik sudah mencapai kekuatan maksimumnya, kekuatan tarik mulai bergerak turun dengan semakin besarnya tekanan gesek yang digunakan. Kekuatan tarik tertinggi terjadi pada penggunaan tekanan gesek 35 MPa dengan hasil 244 MPa, sedangkan kekuatan tarik terendah terjadi saat penggunaan tekanan gesek 65 MPa dengan kekuatan tarik 148 MPa.

Faktografi



Gambar 10. Patahan hasil sambungan



Gambar 10. Patahan tampak samping

a) Tekanan gesek 35 MPa, b) tekanan gesek 65 MPa

Seperti yang terlihat pada Gambar 10, jenis patahan yang terjadi yaitu patah getas. Pada penampang patahan tekanan gesek 65 MPa menunjukkan bahwa aluminium melapisi permukaan *stainless steel*. Namun dikarenakan panas yang terdistribusi tidak merata sehingga aluminium tidak menempel secara menyeluruh pada sisi *stainless steel*. Hal ini didukung dengan Gambar 11b yang merupakan patahan tampak samping dari specimen tekanan gesek 65 MPa. Pada penampang patahan tekanan gesek 35 MPa (Gambar 10) terdapat aluminium yang menempel sebagian (tanda panah) pada penampang *stainless steel*, terlihat juga pada gambar patahan tampak samping (Gambar 11a) terlihat adanya sisi yang menonjol pada daerah *stainless steel*.

4. KESIMPULAN

1. Hasil sambungan silinder pejal antara material aluminium 6061 T6 dan *stainless steel* 304 menggunakan metode *continuous drive friction* Hasil sambungan silinder pejal antara material aluminium 6061 T6 dan *stainless steel* 304

menggunakan metode *continuous drive friction welding* menunjukkan bahwa terjadi pemendekan dan terbentuk flash pada masing-masing sambungan. Semakin besar tekanan gesek yang digunakan, maka semakin besar pula pemendekan dan flash yang terjadi.

2. Hasil pengujian struktur mikro menunjukkan bahwa besarnya tekanan gesek hanya berpengaruh pada perubahan struktur mikro daerah aluminium 6061 T6, dan tidak berpengaruh pada daerah *stainless steel* 304.
3. Pengujian kekerasan metode vickers dengan pembebanan 200 gf menunjukkan bahwa terjadi perubahan nilai kekerasan pada material aluminium, sedangkan pada material *stainless steel* 304 tidak terjadi perubahan pada setiap titiknya, dan nilai kekerasan sama dengan logam induknya.
4. Pengujian tarik menunjukkan bahwa kekuatan tarik paling tinggi adalah 244 MPa yang didapatkan dengan tekanan gesek 35 MPa. Mula-mula kekuatan tarik bergerak naik seiring bertambahnya tekanan gesek yang digunakan. Namun setelah kekuatan tarik mencapai titik maksimumnya, semakin besar tekanan gesek yang digunakan maka semakin menurunkan kekuatan tarik yang didapatkan.
5. Pada pengamatan faktografi menunjukkan bahwa sambungan bersifat getas.

Daftar Pustaka

- Alves, Eder, Francisco Piorino, dan Chen Yin An. 2010. Welding of AA1050 with AISI 304 by rotary friction welding. *Journal Aerospace technology* Vol 2.
- Sahin, Mumin. 2009. Joining of stainless-steel and aluminium materials by friction welding. *International journal manufacturing technology*. Halm. 487-497
- Sahin, mumin dan Cenk Misirli. 2013. Mechanical & metalurgical properties of friction welded aluminium joints. *INTECH* Vol 11, Halm. 278-300 .
- Shubhavardhan dan Surendran. 2012. Friction welding to joining dissimilar metals. *IJETAE* Vol 2. Halm. 200-210
- Tiwan dan Aan ardian. 2005. Laporan penelitian "Penyambungan baja AISI 1040 batang silinder pejal dengan friction welding. Yogyakarta : Fakultas teknik UNY.